Música con Computadores: ¿cómo hacerlo..?

por *José Vicente Asuar*

Hay que hacerlo. No hay duda. Aún a riesgo de que nuestros actuales discípulos —los computadores— lleguen algún día a superarnos y nos extiendan un certificado de cesantía. Pero la rueda de la ciencia, del arte-ciencia, está girando y es imposible detenerla. Esto último sería mucho peor. Equivaldría a autootorgarnos un certificado de defunción.

Muchas veces nos hemos preguntado que relaciones incógnitas, que procesos secretos ocurren en nuestro cerebro o, mejor expresado, en nuestro organismo biológico-psicológico durante la realización de una creación artística. Evidentemente hay muchos. Incluso, una reconstitución de los hechos: el análisis de una obra artística, nos muestra relaciones, procesos, que sabemos de donde provienen junto a otros que son inexplicables, arbitrarios, pero que sin duda son los que determinan la personalidad del creador y el valor de su obra.

Es cierto que el análisis artístico y especialmente el musical es primario y muchas veces inútil. No va más allá de constatar ciertos hechos externos, ciertas relaciones o procesos aparentes, sin profundizar en el organismo que los produce: Un ciego deleitándose con el sonido del agua, buscando reglas de composición, tratando de explicar su forma, pero sin ver el torrente que lo produce. Aquellos términos un tanto vagos como: *intuición, talento, genialidad,* etc., no son otra cosa que el reconocimiento de la incapacidad de nuestros actuales métodos de análisis en presentar una síntesis que englobe toda la potencialidad que existe en el desarrollo de un pensamiento, sistema, forma o estilo musical.

Pero para llegar a esa síntesis es necesario conocer cuales son aquellas relaciones entre los elementos del sonido y del tiempo necesarias y suficientes para que exista una idea musical y sea reconocida como tal. Nos referimos a relaciones, porque reglas, leyes aisladas, jamás nos permitirán llegar a esa síntesis. La complejidad de una creación artística deriva de que cada regla es de por si una malla de posibilidades y su significación en la comunicación entre autor y auditor no está sujeta a una relación biunívoca: una regla produce siempre un mismo efecto; sino es la interacción de un conjunto de reglas la que puede producir siempre un mismo efecto. Esta interacción, esta regla de reglas, es lo que llamamos *relación substancial,* las que se encuentran, por supuesto, en todo nivel de creación, ya sea estilístico, formal, de sistema o de pensamiento. Identificarlas sería una primera etapa; conocer cuales son sus *leyes de variación* y el ámbito que ellas abarcan sería una segunda etapa en pos de esa síntesis. En que momento una relación substancial puede dejar de serlo para transformarse en un factor adjetivo o incluso en un factor negativo disturbador para el reconoci-

miento de la idea musical. Llevado a términos de estrategia: si bajo un determinado conjunto de condiciones iniciales (las que definen el estilo musical que investigamos), descubrimos ciertas relaciones que deben existir entre los medios que poseemos para poder alcanzar una meta (una idea musical), la investigación consistiría en, manteniendo las condiciones iniciales, estudiar hasta donde podemos modificar las relaciones encontradas de modo de alcanzar siempre la misma meta, y estudiar en que momento la modificación de una relación nos puede llevar al fracaso. Finalmente, es necesario saber donde radica la significación que podamos atribuirle a una idea musical. Entendemos por *significación* a la sensación de información, o, dicho en términos menos técnicos, a la capacidad que tiene un mensaje de establecer comunicación entre dos seres humanos. Hablamos de capacidad, no de contenido. El contenido es una componente subjetiva que puede variar según muchos factores: Lo que a uno le puede parecer bello, a otro le puede parecer feo; lo que, bajo ciertas circunstancias anímicas o de desarrollo cultural, puede parecer dramático, en otras circunstancias puede parecer cómico; etc. La significación nos habla de aspectos cuantitativos en la comunicación musical medidos en unidades de percepción psicológica. La significación cero es la negación de un lenguaje. No entendemos nada. La significación uno o máxima, es la revelación, la exaltación máxima de nuestro intelecto o nuestros sentidos. Entre estos dos límites hay un gran espectro de posibilidades que debemos investigar donde radican, cuales son sus componentes y como interactúan entre si: un placer sensorial, una expresión, el reflejo de una verdad o armonía universal.

Una macumba ritual, un frenético rock electrónico, una Sonata da chiesa del siglo XVII, un gamelán, una pieza de música electrónica, una sinfonía de Mozart, una canción, ¿qué tienen de común? ¿Cuáles son sus relaciones substanciales? ¿Cuál es el contenido de significación de cada uno de ellos?

El problema es muy extenso y complejo. Hay, entre otros, factores históricos, culturales, antropológicos, sociológicos, que pueden desviar la orientación puramente técnica de la pregunta. Es como intentar definir que es vida, tratar de descubrir cuales son las leyes de fecundación y germinación independientemente de los factores externos que la condicionan. Pero si pudiésemos contestar estas preguntas, seguramente a través de computadores podríamos crear todo tipo de significación musical en cantidades y calidades inimaginables y, me temo, que en esta situación la labor del compositor se centraría principalmente en orientar y mantener dentro de ciertos límites a este prodigio creativo.

Digo: . . . me temo, pero ¿que mal habría?

El computador como procedimiento e instrumento para llegar a una síntesis musical.

No siendo un ser vivo, ni conociendo las motivaciones que mueven a un organismo biológico-psicológico a establecer comunicación con sus semejantes, el computador no podrá generar algo que un ser humano pueda reconocer como una obra artística o una comunicación vital hacia otros seres. Con otras

palabras, el computador no tiene nada que decir por si mismo. Lo mas que podemos aspirar es que consiga recrear formas o estilos creados previamente por el ser humano. Esta recreación será tanto más perfecta cuanto más instrucciones de como hacerlo le entreguemos. La experiencia que he obtenido personalmente y a través de la obra de otros investigadores, indica que para acercarnos aritméticamente a una buena recreación, debemos aumentar geométricamente el número de instrucciones hasta que, debido a la inmensa cantided de instrucciones que se van sumando y al enorme trabajo y costo que esto representa, cabe preguntarse si vale la pena, si es correcto este enfoque o si no sería preferible seguir trabajando como siempre y dejar que los computadores sigan sirviendo en su campo científico o administrativo para el cual han sido diseñados.

Sin embargo, hay un aspecto del cálculo con sistemas mecanizados que es especialmente atrayente: Cuando descargamos lo que se llama la "memoria" de un computador, estamos haciendo un acto que equivaldría a realizar un lavado íntegro del cerebro de un ser humano. Borrarle no solamente su memoria individual y atávica (si es que existe), sino su personalidad, sus gustos, sus reflejos glandulares, en una palabra, todo. Un cerebro limpio de esta manera no va a tener preferencias o prejuicios; no va a tener inhibiciones o timideces; no va a sentirse inclinado hacia imitaciones o influencias; etc. En este estado amnésico ideal, para que un computador pueda hacer música, será necesario enseñarle todo, desde cero. Y esta situación es la que considero particularmente interesante: ¿Cómo enseñar a hacer música a un alumno absolutamente ignorante, absolutamente indotado, pero, al mismo tiempo, absolutamente obediente e increiblemente rápido en su poder de captación?

Expliquemos nuestras ideas a través de un ejemplo: Imaginemos un conjunto de textos de enseñanza básica y especializada de algún sistema musical orientados para que un alumno normal partiendo de conocimiento cero, después de haber hecho el curso completo llegue a expresarse coherentemente o "musicalmente" dentro de algún estilo propio del sistema. El curso completo supone para este alumno normal un aprendizaje de varios años. Si traducimos el contenido de los textos a un conjunto de instrucciones para un computador, éste tardará posiblemente una fracción de segundo en aprenderlo en su memoria, pero con una diferencia: Si le pedimos al computador que componga música en base a lo aprendido [1], seguramente los resultados no van a ser coherentes, ni van a ser música, en el sentido de comunicación definido anteriormente. No habrá ideas musicales, ni se establecerá ninguna comunicación entre autor y receptor. No habrá, por lo tanto, significación musical sino escucharemos una serie de enlaces sin origen ni destino, ritmos erráticos, voces que no dicen nada. El resultado podrá ser impecable en cuanto al cumplimiento de los principios y reglas contenidas en los textos, pero no comunicará nada.

Esto ocurre porque el texto no puede darlo todo, aún cuando se supone que debería entregar lo más importante, lo substancial de un sistema. Dejemos

[1] En este artículo no entraremos en detalles técnicos de como un computador puede llegar a escribir música, tema que abordaremos en otra publicación.

a un lado por el momento este detalle y analicemos por qué no se produjo la comunicación, cual es el otro orden de elementos que en un alumno de carne y hueso se suponen "instintivos" o adquiridos a través de la práctica auditiva o de los consejos no escritos que dicta el profesor, y que no aparece en los textos. Tratemos de definir y seleccionar estos aspectos extraprogramáticos de la educación musical, preparemos un nuevo conjunto de instrucciones, hagamos operar al computador y veamos que pasa:

Según la calidad de las instrucciones que le hayamos entregado, posiblemente en esta segunda etapa mejorará el resultado. Lo más probable es que el computador nos entregue algunas ideas musicales coherentes, algunos pasajes que podrían haber sido compuestos por un ser humano, pero, seguramente, también habrá incoherencias en niveles de estructuración distintos del caso anterior y el resultado, como un total, seguirá careciendo de significación.

Pero no nos desanimemos. Si seguimos el proceso iterativo: Definir un conjunto de instrucciones — obtener resultados — analizar — corregir — definir un nuevo conjunto de instrucciones — etc., tenemos perfecto derecho a suponer que algún día nuestra criatura proferirá su primera palabra, clara y contundente. En este momento sabremos como sintetizar una creación, aún cuando en el límite muy estrecho del estilo propuesto. Podremos intuir cuales son las principales relaciones que rigen los elementos del sonido a niveles morfológico, sintáctico y semántico, pero todavía no sabremos cual es su substancialidad o relatividad si las queremos aplicar a otros estilos o formas siempre dentro del mismo sistema. Para ésto, deberemos entrar en una segunda etapa de la investigación, cual es estudiar las leyes de variación de las relaciones encontradas: en que forma, variando una relación o un conjunto de relaciones, podemos llegar a otro estilo del sistema, o bien a otro estado de comunicación desconocido nunca empleado en música, o bien transpasamos la frontera de la significación y llegamos nuevamente a la incoherencia o incomunicación.

Aparentemente el método apropiado sería repetir el proceso anteriormente descrito para otros estilos y otras formas del mismo sistema musical, cotejar los resultados, hacer un inventario de las relaciones encontradas, y de ahí deducir su generalidad y sus leyes de variación; sin embargo, creo que hay otro procedimiento que, indirectamente, alcanza el mismo fin y además entrega una visión completa de la potencialidad de un sistema. Pasemos a explicarlo:

Normalmente una araña suspende su tela en 3, 4 y hasta 12 puntos de apoyo dependiendo de las posibilidades del lugar, pero, en cualquier caso, los filamentos radiales siempre intersectan los laterales en ángulos iguales y el centro de la telaraña es siempre su centro de gravedad. Si asimilamos la telaraña a una matriz y las condiciones de apoyo, de ángulos, de centro de gravedad, etc., a vectores de la matriz, el procedimiento que proponemos es analizar en que forma la matriz pierde su identidad y como percibimos esta transformación en términos de significación si variamos uno de los vectores manteniendo los otros constantes. Con otras palabras, entre los distintos valores que adquiere la matriz o aspectos que adquiere la telaraña debido a la variación del vector, ¿cuáles de ellos continúan significando para nosotros una telaraña y qué juego podemos dar a cada vector o combinaciones entre ellos de modo

que la matriz no pierda esa significación y pase a convertirse en otra cosa que puede o no significar algo?

Volviendo a nuestra temática musical, si asimilamos la telaraña —o matriz— a la identificación de un lenguaje y los vectores que la componen a las funciones y relaciones que hemos encontrado en la síntesis anteriormente descrita, el procedimiento consiste en investigar por separado cada relación que suponemos hemos encontrado, variarla sistemáticamente dentro de un ámbito de posibilidades de variación manteniendo constante las otras relaciones, y analizar el contenido de significación de los resultados que se obtienen.

El ámbito de variación de una relación depende de las reglas que intervienen en ella. Algunos elementos de variación a nivel morfológico podrían ser el registro, el timbre, la intensidad, la velocidad, la densidad, la razón o proporción entre dos o mas elementos, etc. Por ejemplo, es de todos nosotros conocido que las leyes de la armonía clásica tienen muy poco sentido si las aplicamos en los registros extremos de un Piano y ninguno si las llevamos a los extremos de nuestra audición. Puedo agregar que el mismo fenómeno ocurre en estados extremos de velocidad tanto en lentitud o en rapidez. También ocurre lo mismo con timbres o colores distintos a los usuales de cuerdas y tubos (si alguien duda, pruebe las leyes de armonía en un Xilófono o en un Timbal). También con violentos contrastes dinámicos, con intervalos rítmicos o de tesitura distintos a los usualmente empleados en los distintos estilos del sistema tonal, etc.

Estos fenómenos extremos nos son conocidos o sospechados. Lo mismo podemos decir con respecto a las reglas de los textos y las que hayamos descubierto en la primera etapa del análisis. Entre estos dos límites hay una gran cantidad de situaciones intermedias y combinaciones de situaciones intermedias que nos son desconocidas porque nunca se ha hecho una investigación sistemática sobre ellas. Podría decirse que el estilo individual de un autor es un hallazgo en un universo semiexplorado, un pozo donde brota un mineral al cual después muchos se acercan para compartirlo. Pero si bien han existido muchos buscadores no podemos afirmar que no existan aún pozos incógnitos. El estudio tendría que estar dirigido principalmente a esa búsqueda y, aun más importante, a la de los canales que los comunican: a un estudio geológico completo del subsuelo, la red donde se sostiene la síntesis que buscamos. Por ejemplo, si variamos sistemáticamente algún tipo de relación en la dimensión rítmica, manteniendo constante las otras dimensiones: armónica, melódica, tímbrica, etc.... ¿Qué sucede? ¿Continúa existiendo significación? ¿De qué manera se altera la identidad del estilo, forma o sistema? ¿Cómo varía la reacción de los distintos auditores? Si la variación se efectúa a la vez en varios tipos de relaciones y de dimensiones y nos alejamos cada vez mas del modelo inicial, ¿dónde llegamos, a otro estilo, a otro sistema, a una forma o calidad desconocida de la comunicación?

Este es un típico método experimental de análisis y creo que es el que ofrece mayores perspectivas de éxito. Métodos semejantes se han utilizado, por ejemplo, para enseñar a los computadores a jugar ajedrez, y hasta donde sé, parece que es cosa seria jugar ajedrez contra un computador. Evidentemen-

te que para el análisis musical el procedimiento debe tener características muy especiales: Ante la audición de un experimento como este, se presenta un problema de juicio muy difícil. No creo que nadie pueda decir una última palabra acerca de en que momento se adquiere o se pierde la "comunicación musical" debido a la variación de alguna relación. Pero no olvidemos que no estamos calificando "gustos" o "belleza". No analizaremos el resultado respondiendo si lo que escuchamos es bonito o si nos gusta. Estos conceptos son muy relativos y tampoco es lo que el arte busca. Estamos hablando de coherencia de ideas y significación del mensaje, y dentro de ciertas definiciones psicoinformáticas que será necesario formular con anterioridad al análisis, podría elaborarse un sistema de audición en forma de test o de encuesta en el que un auditor se pronuncie sobre lo que está escuchando. Un operador externo podría variar en forma continua e imperceptible la relación que se estudia hasta que el auditor avise que de acuerdo a su apreciación se ha producido un cambio en el contenido de significación del mensaje y así sucesivamente. Es difícil imaginar el procedimiento para personas que no están habituadas a ciertos tests psicológicos (psicoacústicos, por ejemplo). Con fines de ilustrar la forma de realizar un test semejante, para que sea más fácilmente captable para cualquier persona, aún cuando sacrificando la precisión de lo que queremos decir, imaginemos el siguiente caso: Tenemos una composición grabada en un disco a 33 r.p.m. Si disponemos de una tornamesa de velocidad variable y comenzamos a escuchar el disco con una velocidad muy baja: 1 r.p.m., no vamos a entender nada. Aumentando lenta y continuamente la velocidad vamos a llegar a un punto en que nos va a parecer entender algo. Suponemos que no se conoce la composición grabada, o sea la comprensión a que nos referimos es una comprensión de lenguaje, no el reconocimiento de alguna pieza que tengamos en la memoria. Cuando llegamos a este punto en que *nos parece* entender algo, anotamos la velocidad que tiene la tornamesa en ese punto y posteriormente continuamos aumentando la velocidad hasta llegar a otro punto, aquél en que nos parezca que el mensaje lo recibimos en la forma mas clara y significativa. Es otro punto donde también interesa anotar la velocidad de la tornamesa (no me extrañaría si *no es* la velocidad de 33 r.p.m.). A continuación seguimos aumentando la velocidad hasta encontrar el último punto que buscamos, aquél en el que aumentando mas la velocidad deja de tener significado el mensaje. Con otras palabras, lo que anotamos son los puntos en que entramos y salimos a la franja de la significación y, dentro de esta franja, el punto de significación máxima o puntos singulares que se puedan encontrar.

Obviamente el procedimiento es más complejo porque no existirán puntos bien definidos, sino zonas. Pero repitiendo el mismo procedimiento con muchos "apreciadores" y distinguiendo entre estos apreciadores su edad, formación cultural, características psicológicas, etc., el procedimiento podrá decirnos algo acerca de las leyes de variación de las relaciones musicales para distintos tipos de audiencia.

¿Por qué tenemos que utilizar computadores para hacer este experimento? Antes de seguir adelante, quisiera reiterar que el ejemplo de la tornamesa se ha expuesto para ilustrar la forma como se realizaría un test y no como forma

de ilustrar el procedimiento que describimos, ya que al variar la velocidad del disco se varía al mismo tiempo y en la misma proporción todo tipo de relación musical. Creo que no está de más insistir en que el procedimiento propuesto consiste en encontrar primeramente las relaciones substanciales y variarlas aisladamente o en combinaciones teniendo cada una, una ley de variación distinta de acuerdo a un plan que explore sistemáticamente todas las posibilidades. Este procedimiento es especialmente apropiado para ser ejecutado con ayuda de computadores, ya que el computador no solo puede reemplazar al compositor, como estamos tratando, sino también al intérprete y al instrumento. No vamos a entrar en detalles de como un computador puede reemplazar al intérprete. Como referencia muy general, el procedimiento se basa en que debido a que cada elemento sonoro puede ser expresado en valores de altura, intensidad, duración, timbre o forma de onda, etc., cualquier partitura puede ser convertida por el computador en una serie de números o magnitudes que la expresan con toda exactitud. Aunque sea prosaico y desilusionante comprobarlo, cualquier estilo de interpretación, personalidad o temperamento del ejecutante puede ser traducido por el computador en una serie de cifras, de modo semejante a como un micrófono lo traduce en una serie de impulsos eléctricos. Al respecto, ya hay varias experiencias realizadas en el mundo sobre este tema, incluso, entre otros, he realizado algunas experiencias sobre esta materia y, por lo tanto, puedo afirmar que es una técnica plenamente factible con nuestros actuales conocimientos y medios.

Otra cosa es la última etapa: el computador reemplazando a un instrumento musical. Ultimamente se han desarrollado en Estados Unidos programas computacionales como el MUSIC V y el MUSIC VI que permiten que un computador pueda producir directamente sonidos de cualquier naturaleza sin necesidad de poseer componentes mecánicas o electrónicas de generación de sonidos. Para ser más explícito, el computador puede sintetizar el sonido de un Violín, si así se desea, y cualquier tema que se desee hacer tocar al Violín. Lo mismo vale para varios instrumentos que se desee toquen simultáneamente. El computador puede sintetizar un cuarteto de cuerdas, un quinteto de vientos, una orquesta sinfónica, etc. Si se desea que el computador sintetice una sinfonía de Mozart, el computador puede hacerlo y, repito, directamente, sin necesidad de ningún instrumento mecánico o electrónico de generación de sonidos. Esta técnica está en sus comienzos: Actualmente está desarrollada la parte teórica en su totalidad y en distintas instituciones de Estados Unidos se están comenzando a obtener los primeros resultados prácticos [2] (en algunas, especialmente orientados a obtener la síntesis de la voz humana. Con otras palabras, a dotar de cuerdas vocales propias al computador). Pero si bien estos programas no están totalmente desarrollados en su aspecto práctico, de todas maneras podríamos *ahora* realizar el test que nos preocupa haciendo uso de otra técni-

[2] Quisiera señalar especialmente las investigaciones hechas por M. V. Mathews en los laboratorios de la Bell Telephon y por L. Hiller en la Universidad de Nueva York (S.U.N.Y. at Bullalo). Bibl.: The Technology of Computer Music M. V. Mathews. The M. I. T. Press - 1969.

ca, cual es el utilizar al computador como comando de generadores y moduladores electrónicos de sonido. En este caso, el computador actúa como intérprete que ejecuta un instrumental electrónico que puede reproducir con bastante exactitud todos los fenómenos sonoros que ocurren en la práctica musical.

Como vemos, no faltan medios de poder materializar el procedimiento de investigación que proponemos. Si hemos podido elaborar un programa a nivel creativo. para sintetizar un determinado estilo musical, lo podemos conectar a otro programa de tipo interpretativo, el que en una fase intermedia traducirá la estructura y notación musical a magnitudes de los distintos parámetros sonoros. Finalmente, la última fase sería un programa de tipo instrumental, como el MUSIC VI, el que transformará la creación en sonidos audibles. En esta forma, es perfectamente posible imaginar la existencia de programas computacionales que puedan ser comandados externamente de tal manera que cada relación musical que nos interese pueda ser variada sistemáticamente en un rango que equivalga al ámbito donde nos interesa estudiar la relación. Una posición de un control externo correspondería a la relajación funcionando en la *posición del estilo* sintetizado. Toda otra posición del control significaría una acción distinta de la relación en la operación del computador que nos permitiría apreciar su efecto en la coherencia y significación del resultado musical.

Para poder desarrollar el procedimiento se requerirían controles independientes para cada relación y, además, distintas jerarquías de controles, según los diferentes niveles de lenguaje. La experiencia comenzaría con todos los controles en su posición correspondiente al estilo sintetizado. El computador producirá música directamente audible y apreciable y según esquemas formales también "controlables" externamente. Mientras el auditor escucha el resultado musical, un operador variará los controles ya sea separadamente o en combinaciones según los propósitos que cubra el análisis. Toda variación sería realizada sin interrumpir el discurso musical, de modo de poder apreciar ininterrumpidamente el efecto que produce la variación de la relación en todos los puntos que va atravesando.

Es difícil imaginar la sensación que produciría en el auditor este experimento. Tampoco existen analogías que puedan ayudarnos a describir, aunque sea aproximadamente, los innumerables matices, mutuaciones, derivaciones que podrían surgir en el estilo y forma musical. Quizás pudiésemos encontrar alguna fórmula de trayectoria que nos permitiera viajar en forma continua a través de la historia de los estilos, desde Monteverdi a Strawinsky, pasando por todas las estaciones en que un sistema, en este caso el tonal, ha aparecido a lo largo de los años, de los centros musicales, de las individualidades.

Hablamos de transiciones o proyecciones dentro de un sistema porque pensamos que para alcanzar la síntesis de otro sistema musical, el sistema modal o sistemas contrapuntísticos o probabilísticos, por ejemplo, sería necesario redefinir las reglas fundamentales del juego, o sea, las relaciones substanciales del nuevo sistema. En verdad, no estamos seguros que así sea, y este es otro aspecto apasionante de la experiencia: Investigar hasta donde

podemos llegar, dentro de la franja de significación, al variar las relaciones definidas inicialmente. Con otras palabras, en que momento, para poder alcanzar otro estilo u otra forma de expresión musical, necesitamos redifinir las relaciones iniciales porque dentro del universo de posibilidades que proporcionan no está contenido el estilo o forma buscado. El procedimiento permitiría a través de esta investigación localizar los puntos de corte, el cambio de matrices en la evolución de un lenguaje y darnos elementos objetivos de juicio para elaborar una nueva concepción de la teoría y práctica musical.

Es así, que una tercera etapa consistiría en ir a otro sistema, con otros textos de guía y repetir el procedimiento anterior, y así sucesivamente en todos los sistemas musicales que conozcamos o que postulemos. Finalmente, culminaría con el análisis comparativo de las relaciones substanciales y las leyes de variación de cada sistema con los otros para ver si tienen algo de común, si algunas son generalizaciones o casos particulares de otras, si algunas se mantienen invariables en todos los sistemas, si, en general, pudiésemos deducir una "ley de leyes" para conseguir finalmente la síntesis musical que pretendíamos. Al obtener esta síntesis, podríamos, a través de un procedimiento deductivo, conocer cuales son las condiciones reales, objetivas, para poder establecer comunicación musical entre dos y más seres, independientemente de los elementos sonoros y formales que utilicemos. Esto nos daría una visión del universo musical que ahora estamos lejos de poseer. Veríamos las lagunas que existen en el desarrollo histórico musical. Aquellas posibilidades estilísticas o formales que estaban latentes, que pudieron haber existido, pero que nunca nadie las capturó del incógnito. Veríamos, además, las posibilidades de avance lateral y vertical que existen y seguirán existiendo. Aquello que era un archipiélago se convertirá en un continente y para su conquista contaremos con los mapas e instrumentos que nos señalarán la ruta. En verdad, este punto está tan lejano que más que un continente no puedo mirarlo sino como a una estrella que *se* que existe y que a través de ciertas individualidades creadoras a veces alumbra con especial potencia. El día que la alcancemos seguramente habremos alcanzado muchas otras en el dominio del conocimiento de la vida, del hombre y el universo que lo rodea, y quizás nuestros pensamientos actuales tengan muy poco que ver con ese nuevo mundo, pero creo que solamente en ese nuevo mundo es que un computador podrá componer o, mejor dicho, crear música. En cualquiera otra situación estará recreando o imitando estilos, quizás con tanta o mayor perfección que los originales, pero siempre reflejando la limitada y relativa escala de valores del modelo que reproduce.

Una última reflexión sobre este tema: Sin necesidad de llegar a esta alta cima, un estudio como el propuesto permitiría no solamente ir descubriendo relaciones y procesos musicales solo intuidos o quizás desconocidos, sino, además, el computador en su carrera para recibirse de creador podría ir obteniendo títulos medios a medida que progrese su estudio: Por ejemplo, en el campo de la composición, al dominar un estilo podría como "recreador" hacer música para ciertas aplicaciones en las que normalmente no se requiere talento creativo, sino más bien oficio, tales como música ambiental, para cine, televi-

sión, etc.; o actuar como melodista para canciones o piezas fáciles, armonizador, instrumentador, etc.

Por otro lado, si llega a ser un buen recreador podría llegar a ser un buen crítico. Este es un oficio en el que más fácilmente podrá competir con los especímenes humanos, ya que tendrá a su favor el desapasionamiento y el juicio objetivo y, además, la capacidad de decir las cosas con conocimiento de causas. Otro papel importante que podría desempeñar es en la musicología. En verdad, el procedimiento que hemos descrito es en si un intento de desarrollar una musicología integral. Como se basa en técnicas de investigación experimentales y deductivas, permitiría ampliar los métodos de investigación musical más allá de la especulación teórica y de los postulados empíricos. Otra aplicación de gran utilidad sería en la pedagogía, especialmente debido a que al conocer cuales son los principios más importantes de un estilo musical, posiblemente sea necesario revisar los textos tradicionales de enseñanza y adaptarlos a contenidos y métodos pedagógicos que se deduzcan de los conocimientos adquiridos y que posiblemente requieran de mecanismos automatizados para su desarrollo.

Pero sigamos en el campo de la creación musical. Una aplicación de los computadores actualmente al alcance de la mano es:

El computador como amplificador de la imaginación

Hasta hora hemos tratado de investigar que es lo que debe saber un computador si queremos que cree música. En verdad, las conclusiones no son muy optimistas y aún cuando hemos propuesto un procedimiento experimental que podría conducirnos a esa meta, no sabemos la extensión en tiempo y en capacidad de computación que esto tomaría ni tampoco si efectivamente conseguiremos que el computador sea capaz de crear cualquier tipo de música con la misma habilidad o genialidad que lo puede hacer el ser humano. Decíamos que nuestra meta la veíamos tan lejana como el alcanzar una estrella. En este nuevo enfoque del problema tratemos de quedarnos más cerca de la tierra y presentemos una aplicación del computador en el campo creacional factible de realizar con nuestro estado actual de conocimientos.

Comencemos modificando nuestra meta: No le pidamos al computador que cree música, sino que nos ayude a crear música. Con otras palabras, postulemos la formación de una sociedad hombre-máquina para llegar a un fin, sin pedirle a ninguno de los dos componentes que desarrolle por si solo todo el trabajo, sino repartámoslo analizando que tipo de trabajo es el mas adecuado para realizar por cada uno y que ventajas tendría esta colaboración de la máquina en la composición musical. Tal como utilizamos normalmente palancas o máquinas que amplifican nuestra fuerza muscular, veamos si en el campo creativo el computador podría actuar como una palanca de nuestra inteligencia, un amplificador de nuestra imaginación.

Evidentemente surge una primera interrogante: Hasta ahora ha sido el ser humano quien solo, sin necesidad de ayuda de ninguna máquina, ha podido

hacer música. ¿Para qué necesitamos que una máquina ayude al ser humano cuando todo parece estar muy bien tal como está y, además, si establecemos esta sociedad de dudosa utilidad se presentarían nuevos problemas: problemas éticos, filosóficos —liberación o dependencia del ser humano—, materiales —encarecimiento del producto, derechos de autor—, etc., que, aparentemente, complicarían un acto tan sencillo y natural como es crear música?

Responder esta pregunta no es fácil y mucho depende del punto de vista que cada uno de nosotros tome frente al problema. A favor de la utilización del computador tendríamos el hecho que la pregunta anterior se ha planteado muchas veces y otras tantas se ha demostrado producto de una miopía mental. Otra contestación es que si tenemos esta posibilidad de creación debemos investigarla, es nuestra obligación. No creo que algunos prejuicios mayor o menor fundados deban detener el curso de la búsqueda de nuevas formas y medios de expresarse. Si el resultado de la investigación es deficiente, evidentemente que se abandonará este camino y se buscarán otros, pero seguramente algo positivo quedará, aún cuando solo sea la constatación de que por este camino no hay nada que hacer. [3]

Veamos ahora cómo plantear la colaboración del computador en la creación musical. Un aspecto primario y fundamental es la repartición de trabajos. Al respecto, hay, yo diría, infinitas posibilidades de establecer la sociedad hombre-máquina y entre ellas puede haber muchas que sean igualmente afortunadas o desafortunadas. Esta característica, el que no haya solo una *única* manera de proceder sino, por el contrario, el que cada compositor pueda elaborar un procedimiento que le sea más cómodo o conveniente para su manera de crear música, creo que es altamente positiva, ya que permitirá una gran versatilidad en el uso del computador. Sin embargo, para fines de nuestra exposición, tratemos de presentar algunas consideraciones de tipo general que deberán plantearse normalmente al abordar este tipo de composición.

Durante el acto de creación existen algunas actividades no siempre fácil de diferenciar, pero que podríamos tratar de condensar en tres tipos: Generación de ideas, elección entre estas ideas y composición propiamente tal. Estas actividades se presentan a todo nivel de creación, desde los aspectos más trascendentales hasta los detalles más específicos. Veamos primeramente que entendemos por generación de ideas:

El origen de una creación es la idea inicial. La respuesta a ¿qué es lo que quiero hacer? y ¿para qué lo quiero hacer? Esta es una primera categoría de generación de ideas, muy compleja, pero que a través de muchos matices está siempre presente durante el acto de creación. Es posible y lícito que comencemos a trabajar en una composición o parte de ella sin saber exactamente

[3] Hay otros motivos que me inclinan a ver en la utilización de computadores un interesante aporte a la creación musical, los que se derivan del desgaste de las actuales técnicas composicionales y la necesidad de buscar salidas a una serie de encrucijadas adonde ha conducido el desarrollo del pensamiento musical contemporáneo. Este punto lo hemos tocado en otras publicaciones y reconozco que es polémico e incierto, por lo que prefiero no abordarlo debido al carácter de este artículo.

qué es lo que queremos hacer y para qué lo hacemos, y dejar que en el curso del camino, a medida que vayan surgiendo ideas en otros niveles, podamos regresar atrás y contestar esta pregunta inicial, pero es indispensable definir como primer nivel este tipo de ideas como forma de ordenar nuestros pensamientos.

Una segunda categoría de ideas es la respuesta a ¿cómo lo vamos a hacer? Es la búsqueda de los elementos que vamos a usar: instrumentales, formales, estilísticos, etc., y la definición de los límites donde nos vamos a mover y el lenguaje que emplearemos. Tal como en la primera categoría, esta segunda presenta también muchos matices en los mecanismos de generación, dependiendo de la personalidad del creador. Normalmente no responderemos totalmente esta pregunta, sino parcialmente y quizás solo en el momento que la obra o el sector de ella esté concluida sabremos con exactitud los límites que nos hemos impuesto y el lenguaje que hemos utilizado.

Una tercera categoría es la que se refiere a la gestación y desarrollo de las ideas que van originando y resolviendo los problemas locales. Ver en cualquier nivel de la creación cual es la jerarquía de una idea con respecto a las otras, o, en general, cual es la relación de esta idea con las otras. Cuales son los procesos de simbiosis —dos o más ideas se funden en una sola—, de fragmentación —una idea se descompone en varias sub-ideas que no estaban en evidencia al surgir la idea inicial—, de reproducción —una idea madre da origen a otras nacidas de ella y, por lo tanto, pertenecientes a una misma familia de ideas—, etc. Estamos hablando de ideas, en sentido general. No nos referimos necesariamente a una temática o una operatividad, las que están condicionadas principalmente por la técnica que se utilice para la materialización de las ideas.

Una última categoría es la de síntesis, para la cual es necesario que las categorías anteriores ya estén definidas y desarrolladas, por lo menos en gran parte. Es la búsqueda de relaciones en el total, el filtraje de toda idea superflua en el conjunto o disonante con la naturaleza de las otras ideas, y es el enriquecimiento de las ideas que permanecen, en su presentación y desarrollo.

En el campo de generación de ideas el computador puede ser una efectiva palanca de la imaginación, ya que podemos llegar a sistematizar aquello que en el ser humano se da por chispazos o, en el caso del compositor apremiado, puede significar una pérdida de tiempo o una gran angustia en "encontrar la idea para resolver este problema" o "encontrar la idea madre que engendre un universo de posibilidades". El computador no necesita esperar que caiga la manzana, sino, por medio de una adecuada programación, puede darnos todas las opciones o alternativas que generan ideas para resolver cualquier tipo de problemas musicales.

Además, tal como habíamos dicho, el computador es, por naturaleza, absolutamente desprejuiciado, libre de influencias y reacciones provenientes de una memoria conciente o subconciente. En este sentido, como generador de ideas tendría una gran ventaja sobre el ser humano, ya que puede generar

ideas absolutamente fuera de un contexto cultural del cual el ser humano difícilmente se puede liberar. Esto es quizás un poco teórico, ya que al programar un sistema de generación de ideas —lo que corre por cuenta del ser humano—, probablemente se deslicen en la programación ciertas directivas que forman parte de la formación cultural del programador y, por lo tanto, el computador estaría siendo víctima de un contagio cultural de mayor o menor virulencia. Aún suponiendo que esto no ocurra y que el computador se autoprograme o eligiendo muy cuidadosamente las instrucciones que le damos para evitar esta contaminación, de todas maneras en la etapa de apreciación, el apreciador —ser humano— va a juzgar y seleccionar las ideas generadas por el computador de acuerdo a puntos de referencia cultural que posee. Sin embargo, aún con estas limitaciones, creo que con una adecuada programación el computador puede generar ideas en cantidad y posiblemente en calidad con mucha más versatilidad y en mucho menor tiempo que el ser humano.

Como consecuencia de lo anterior, las ideas que genere el computador pueden ser controladas en su mayor o menor proximidad a esquemas culturales o, para expresarlo de otra manera, en el menor o mayor grado de locura que manifiesten. Por ejemplo, podemos confeccionar un programa que obligue al computador a entregarnos ideas dentro de un sistema y estilo bastante preciso. En este caso el computador actuaría con una mentalidad ortodoja o clásica. En el otro extremo, podemos diseñar un programa que busque lo caótico, ideas que no puedan enmarcarse en ningún sistema o estilo definido. El computador actuaría con mentalidad anárquica o delirante. Entre estos dos extremos hay una infinidad de matices que cada compositor puede elegir según sean sus objetivos o inquietudes. Además, el computador puede generar ideas a todo nivel jerárquico, desde aquellas que responden las preguntas fundamentales: ¿qué es lo que vamos a hacer? y ¿cómo lo vamos a hacer? hasta aquellas que se refieren a niveles generales de tipo estructural o formal y a niveles más bien locales como la operación o la temática. Creo que no está de mas insistir en que al plantear el análisis en términos de "ideas" queremos indicar una función creativa de la mayor amplitud, aplicable a cualquier elemento o conjunto de elementos musicales: melódicos, rítmicos, tímbricos, formales, etc.

La etapa siguiente, una vez generadas una o más ideas para contestar alguna pregunta o resolver algún problema determinado, es enjuiciar la calidad de cada una de estas ideas, distinguir cuales son aceptables y cuales no y establecer criterios de selección para decidir en último término cual de entre ellas será la elegida.

Al respecto, quisiera también establecer una categorización de elecciones. Una primera categoría son aquellas elecciones de las cuales depende la individualidad de la creación. Elecciones a través de las cuales se reflejará la personalidad del creador y, además, otorgarán una unidad estilística y una coherencia de lenguaje al total. Llamémoslas *elecciones individuales* para distinguirlas de otra categoría de elecciones, *elecciones dividuales,* de tipo más bien técnico o impersonal, que afectan la unidad y coherencia del momento u objeto relativo y para las cuales se pueden establecer reglas perfectamente definibles de acuerdo a técnicas o sistemas de composición que postulemos a priori. Creo que estas

dos categorías de elecciones se presentan en cualquier acto creativo; lo que es difícil y depende de la apreciación personal de cada compositor es definir a que categoría pertenece cada elección en particular. Con otras palabras, diferenciar las elecciones menores que no afectan el total, de aquellas de las que depende el éxito de la obra. A veces, por no distinguirlas claramente, se confunden elecciones menores con las de verdadera importancia y desvían los esfuerzos del compositor a resolver problemas sin trascendencia en vez de concentrarlos en las grandes decisiones.

Estas consideraciones acerca de la individualidad o dividualidad de las elecciones son muy importantes si queremos trabajar con ayuda de computadores, pues la máquina es especialmente apropiada para resolver elecciones de tipo técnico siguiendo instrucciones emanadas de las reglas del sistema en utilización. Por otra parte, el compositor, quién tiene una visión amplia de lo que se quiere obtener y para qué se quiere, se reservará el derecho de las grandes decisiones o elecciones individuales, para las cuales pondrá en juego todas esas relaciones y procesos desconocidos de que hablábamos en un comienzo y por donde proyecta su personalidad y estilo.

Hacer esta diferenciación de elecciones es un aspecto positivo de la creación musical con ayuda de computadores. Es un procedimiento nuevo para los compositores que les obligará a repensar la forma de concebir una composición musical. Entre otras cosas les obligará a elaborar un "plan de composición": definir que aspectos de la generación y elección de ideas le serán entregados al computador y que aspectos deberá decidir él. De esta manera el compositor deberá definirse en lo que considera de mayor importancia —elemento individual— para su lenguaje y lo que es elemento dividual o permutable sin que altere la identidad del conjunto. Indudablemente existen sistemas y estructuras de mayor o menor rigidez y el plan de composición dependerá de la flexibilidad del sistema que se utilice, pero, en todo caso, es un nuevo modo de pensar la creación musical; yo diría un modo moderno, de acuerdo a como concebimos la "inteligencia" en nuestra época: plan y programa; objetivos, metas, recursos, programas de trabajo; jerarquía de decisiones y actividades, métodos de programación y coordinación de actividades; todo esto parece lenguaje de constructores o planificadores, pero en verdad es mucho más que eso. Es una actitud y un procedimiento hacia la creación el que es plenamente aplicable a toda actividad humana, incluida la artística. Yo creo que muchos compositores trabajan según esquemas semejantes, aún sin saberlo. La disciplina necesaria para trabajar con un computador favorecería la toma de conciencia de estos procedimientos y, por lo tanto, su perfeccionamiento, eventualmente enriquecido con el aporte de la máquina.

Y al mencionar este concepto de planificación, nos estamos introduciendo en la última actividad creativa: la composición propiamente tal.

Componer o "poner con" significa ensamblar, formar un todo con diferentes partes. Hemos supuesto que las "partes" son las ideas y las materias que de ellas se desprenden. La composición es la técnica que nos permite llegar a un todo final orgánico y coherente con las distintas ideas que originan la creación y que se reflejan en todas sus partes. Existen muchas maneras de

componer. Tantas como compositores hay, pero tratemos de presentar dos posiciones límites en la forma de encarar una composición musical, entre las cuales se encuentra normalmente la técnica de cada compositor. Una posición extrema sería la *estructuralista,* la que podría visualizarse como un proceso piramidal descendente: partiendo de las grandes ideas, de las grandes relaciones que rigen el total, se desprenden de ellas niveles de cada vez mayor detalle y amplitud hasta llegar a la base, la que constituye la composición final. En este caso existe una ley absoluta, divina, que se refleja en cada una de las partes y combinaciones de ellas. La otra posición extrema, la *operacionalista,* se podría asociar a una organización molecular: ideas embrionales se atraen o repelen según su grado de simpatía y van construyendo encadenamientos de complejidad cada vez mayor hasta constituir el organismo final. En este caso no existe una ley divina, sino un proceso evolucionista, en que el organismo final —la composición— no es rígido ni definitivo, sino una expresión parcial de la potencialidad del sistema.

Creo que en ambos extremos el computador puede ser una eficaz ayuda para el compositor y, por supuesto, en todas las situaciones intermedias que se postulen. Por ejemplo, una concepción estructuralista, como la que encontramos en ciertas formas cerradas, es perfectamente traducible a instrucciones para un computador. Las leyes fundamentales, sus proyecciones en los elementos relativos, las proporciones entre ellos, etc., pueden ser calculadas con mayor rapidez, precisión y versatilidad por un computador que por un ser humano. La sociedad hombre-máquina podría definirse, entonces, entregando a la máquina todo lo que sea cálculo matemático, cálculo de óptimos y proporciones, además la descripción de los resultados materiales obtenidos, dejando al hombre insuflar espíritu a la materia, la capacidad de comunicación, la significación de la obra, lo que puede lograrse a través de ciertos elementos musicales que el compositor se reservaría especialmente para esta finalidad. El computador prepararía la materia y la forma; el compositor le daría la vida y la comunicación. En el otro extremo, en una concepción operacional de la composición, formas abiertas o con tendencia improvisativa, se puede aprovechar preferentemente la capacidad del computador en generar ideas fuera de todo contexto. La sociedad podría funcionar haciendo que el computador genere estas ideas y las desarrolle brevemente, entregando fragmentos completos, unidades musicales constructivas dotadas de la inagotable diversidad de ideas que podemos obtener de él. El compositor actuaría como el arquitecto que dispone estas unidades de modo de ir obteniendo formas parciales hasta llegar a la gran forma, el organismo final dotado de energía vital y capacidad comunicativa. El computador entregaría las células y tejidos. El compositor crearía los órganos y el cuerpo proyectando su personalidad en el objeto creado.

Me parece que a esta altura del análisis sería conveniente presentar un ejemplo que precise ciertos conceptos y procedimientos que han sido expuestos hasta ahora en forma muy general. Creo que un camino para ello será describir la:

Primera experiencia hecha en Chile de música compuesta por un computador

Durante 1970 el "Grupo de Investigaciones en Tecnología del Sonido" constituido por algunos profesores y alumnos de la carrera Tecnología del Sonido, desarrolló el proyecto de investigación titulado "Formas probabilísticas orientadas a la creación musical" o, más breve, FORMAS I. Este proyecto consistió en elaborar un sistema de composición musical que fuese especialmente apropiado para ser resuelto por un computador. Como primer objetivo, nos propusimos que el computador entregara resultados que pudiesen ser traducidos a una composición musical con la menor intervención posible del compositor; con otras palabras, que el computador tomase todo tipo de decisiones y actuase reemplazando al máximo posible al compositor. Debo reconocer que este fue un objetivo bastante ambicioso, pero quisimos en esta primera investigación abarcar toda la problemática de la composición con computadores, para tener una visión de conjunto y, de acuerdo a los resultados, orientar investigaciones posteriores hacia aquellos aspectos del sistema que aparecieran más interesantes de desarrollar.

Una vez fijados los objetivos generales se presentó una primera pregunta fundamental: ¿Qué tipo de música (sistema, forma, estilo) queremos que realice el computador? Podíamos elegir a nuestro gusto cualquier forma de expresión musical y, en verdad, no fue fácil contestar esta pregunta. La decisión que tomamos finalmente fue realizar una composición en acuerdo con la problemática musical contemporánea. Desechamos la idea de realizar alguna obra de corte clásico o tradicional, porque nos guiaba un mayor interés en el aspecto creativo que en el musicológico y pensamos que utilizando una problemática contemporánea el computador nos podría dar resultados de algún modo originales y que pudiesen ser útiles para nuestro pensamiento y técnica musical actual.

El siguiente paso fue definir el sistema y estilo en que se basaría nuestro proyecto. Pensamos que para una primera experiencia sería preferible utilizar formas cerradas y totalmente determinadas, esto es, los elementos del sonido y la composición deberían ser indicados con toda precisión por el computador. Adoptamos esta posición "académica" porque solo después de dominar una técnica rigurosa se puede adquirir maestría para intentar formas más libres y aprovechar especialmente aquellos aspectos en que el computador puede proporcionar relaciones insólitas o absurdas y, sin embargo, relevantes.

Dentro de las formas determinadas elegimos un universo sonoro semejante al que se ha obtenido a través del serialismo. Quizás el serialismo sea cronológicamente la última expresión académica del pensamiento musical contemporáneo y por este motivo lo utilizamos como una referencia conceptual al elaborar el sistema. Es por esto, que el resultado sonoro y musical tiende a asemejarse a una obra de la estilística de un Anton Webern o un Pierre Boulez, en general, la estilística de un autor contemporáneo de la escuela postdodecafónica. Por supuesto, también el computador puede realizar una composición en el sistema y pensamiento musical armónico. Todo depende de las instrucciones

que le demos. Incluso, en los inicios de la discusión sobre el proyecto, elaboramos como prueba algunos algorítmos, o sea una sucesión de instrucciones, para obtener melodías diatónicas y tonales con resultados, creo, satisfactorios, pero no profundizamos más en este campo, porque, repito, nos ha guiado un espíritu preferentemente creativo y en este sentido el único camino que tenemos es el del pensamiento musical contemporáneo.

El procedimiento seguido, sin embargo, fue distinto al serialismo. Pensamos que el serialismo es un sistema cerrado. Los procedimientos composicionales que contiene son demasiado rígidos y por este motivo aperturas hacia formas abiertas o más libres traen fácilmente inconsistencias o contradicciones con la técnica serial. Es así que preferimos utilizar un sistema probabilístico que debidamente guiado produjese una calidad sonora semejante a la del serialismo, y que permitiese además muchas otras calidades o posibilidades sonoras y composicionales con solo efectuar pequeños cambios en la definición de elementos y cuantificación de relaciones. Nos explicamos mejor: El serialismo, en su expresión más ortodoxa, supone definir un conjunto de dimensiones del sonido y de la forma. Se les ha dado el nombre de parámetros y, a nivel morfológico, se refieren a la altura del sonido, la duración, el color, la intensidad y la forma de ataque o fraseo. Para cada uno de estos parámetros se define también un inventario de posibilidades o conjunto de valores que puede tomar el parámetro. Por ejemplo, en el caso de la altura, existen doce grados cromáticos en cada octava, los cuales constituyen todas las posibilidades de valores que puede tener el parámetro. Junto con desmenuzar el sonido en cada una de sus dimensiones acústicas, el serialismo establece un orden en la sucesión de valores que tiene el parámetro de acuerdo a una o varias disposiciones fijas —series— destinadas a otorgar una unidad u organicidad interválica y a procurar que todos los valores tengan una misma importancia, o sea no polarizar la atención en alguno de ellos debido a una repetición o preponderancia que se le otorgue. Ilustrando en forma numérica, si un parámetro puede tener cualquiera entre 6 valores, una secuencia serial elemental sería:

1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 1 — 2 — 3 --- etc.

Se pueden hacer muchas variaciones:

1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 5 — 4 — 3 — 2 — 1 · · · etc.

o

1 — 3 — 5 — 2 — 4 — 6 — 4 — 2 — 1 — 3 — 5 — 3 -- 1 — 2— 4 etc.

o, considerando también la simultaneidad:

1 — 3 — 5 — 3 — 1 — 2 — 4 — 6 — 4 — 2 — · · · etc.
| | | | | | | | | |
6 — 4 — 2 — 4 — 6 — 1 — 3 — 5 — 1 — 3 — . . . etc.

El sistema probabilístico que postulamos es semejante al serial en el sentido de definir parámetros y valores que puede tomar el parámetro, pero cambiamos el método de ordenación de los valores, de la serie a la probabilidad. El concepto de serie como ordenación interválica lo reemplazamos por otros conceptos, algunos de los cuales veremos más adelante, y el objetivo serial de obtener una distribución equitativa de los valores de un parámetro evitando polarizar la atención en alguno de ellos, lo asimilamos a la equiprobabilidad. La secuencialidad la dejamos al azar, sabiendo que en conjuntos equiprobables, después de una cantidad grande de sucesos, cada valor o elemento del conjunto tenderá a aparecer una misma cantidad de veces que los otros. Bajo estas premisas aceptamos que un mismo valor pueda aparecer dos o más veces consecutivas en una sucesión. Por ejemplo, una sucesión equiprobable, también en un conjunto de seis elementos, podría ser:

3 — 4 — 1 — 5 — 5 — 3 — 1 — 6 — 4 — 3 — 1 — 3 - - - etc.

En el ejemplo vemos que en 12 sucesos el valor 1 ha aparecido tres veces; el 2, ninguna; el 3, cuatro veces; el 4, dos veces; el 5, dos veces; y el 6, una vez. Aparentemente esta sucesión no es equiprobable pues hay algunos valores que aparecen con más frecuencia que otros, sin embargo, si se continua la secuencia, después de unos 1.000 sucesos (o 1.000 números) cada valor aparecerá seguramente entre 150 o 180 veces, lo cual es prácticamente una misma importancia a largo plazo para cada uno.

También es posible trabajar con distintas probabilidades para cada uno de los valores del parámetro. Por ejemplo, al valor 1 podríamos darle una probabilidad del 50% del total de sucesos, o sea en una sucesión larga de valores existirá la tendencia a que la mitad de ellos sea el valor 1. Si la probabilidad del valor 1 la llamamos p_1 y así sucesivamente, escribamos la siguiente tabla:

Valor	*Pi*
1	$p_1 = 0{,}5$
2	$p_2 = 0{,}2$
3	$p_3 = 0{,}1$
4	$p_4 = 0{,}1$
5	$p_5 = 0{,}05$
6	$p_6 = 0{,}05$

Una distribución probabilística de esta naturaleza estaría muy lejos de la equiprobabilidad, ya que lo más probable es que después de 1.000 sucesos el valor 1 aparezca alrededor de 500 veces; el 2, 200 veces; el 3, 100 veces; el 4, 100 veces; y el 5 y el 6 solo 50 veces. Esta "probabilidad dirigida" es sumamente conveniente para fines musicales, ya que en muchos casos una equiprobabilidad puede ser monótona o molesta o, en general, antimusical. Por ejemplo,

si en el parámetro registro definimos 7 octavas, o sea 7 valores que puede tomar el parámetro, y aplicamos la equiprobabilidad, en la práctica sería muy incómodo orquestar una composición con estas características, ya que contados instrumentos llegan a los registros extremos, lo cual significaría que tendríamos que usarlos con mayor frecuencia que los otros ocasionando un desequilibrio orquestal. Además, el oido tiende a prestar especial atención a los acontecimientos que ocurren en los registros muy grave y muy agudo, por lo que en la práctica no se tendría una audición o percepción equiprobable, sino la sensación de que ocurren demasiadas cosas en los registros extremos, lo que es desagradable en el caso de persistir durante largo tiempo. Con otras palabras, ante estímulos equiprobables hay respuestas de percepción que pueden no ser equiprobables. Por otro lado, la equiprobabilidad conduce a la máxima información, lo que en términos de percepción psicológica se traduce en una significación muy baja o cero.

En FORMAS I rara vez se usó la equiprobabilidad, sino que se utilizaron distintas distribuciones probabilísticas basadas en funciones matemáticas largamente usadas en estadística. Por motivos técnicos estas funciones se aplicaron en forma de *histogramas,* los que consisten en una aproximación de la función continua a pasos discretos. El histograma se constituyó en el método de consulta y decisión acerca de a cual valor del parámetro le corresponde aparecer en cada suceso

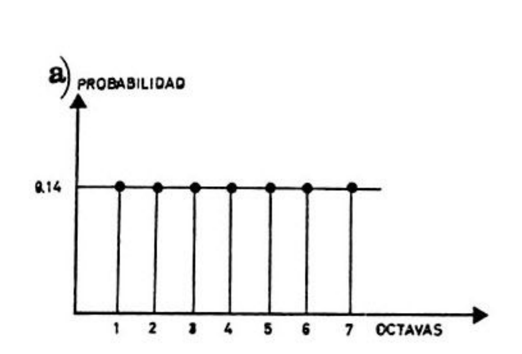
Para poder operar un histograma se necesita un generador de números aleatorios, es decir, entre otras condiciones, números que sean equiprobables. Si tenemos 100 cifras, desde el 00 hasta el 99 y un sistema que escoge al azar una cifra entre ellas (dos dados de 10 caras, una ruleta, un contador Geiger, etc.), el histograma que correspondería a la distribución de probabilidades vista anteriormente sería:

Valor	*Pi*	*Histograma*
1	$p_1 = 0{,}5$	00 — 49
2	$p_2 = 0{,}2$	50 — 69
3	$p_3 = 0{,}1$	70 — 79
4	$p_4 = 0{,}1$	80 — 89
5	$p_5 = 0{,}05$	90 — 94
6	$p_6 = 0{,}05$	95 — 99

O sea, si la cifra que nos da el azar está entre 00 y 49, escogemos el valor 1; si está entre 50 y 69, el valor 2; y así sucesivamente. De esta manera convertimos un estado equiprobable en un estado de probabilidad dirigida. Cualquier persona dotada de un generador de números aleatorios podría teóricamente realizar a mano una composición en el sistema que describimos, pero, como veremos más adelante, el procedimiento no es tan fácil.

Para dar una idea de las distribuciones de probabilidad utilizadas en FORMAS I

continuemos ilustrando el caso del registro. Una distribución de probabilidades iguales, o sea la equiprobabilidad, podríamos representarla gráficamente como:

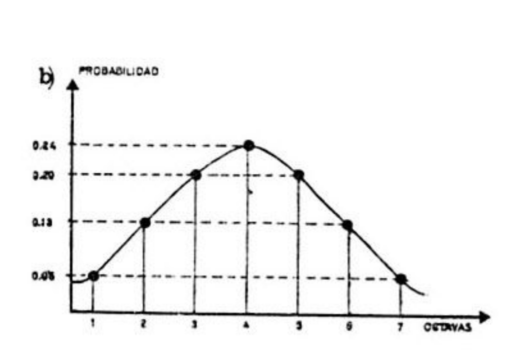


Octava	*Pi*	*Histograma*
1	0.14	00 — 13
2	0.14	14 — 27
3	0.14	28 — 41
4	0.14	42 — 55
5	0.14	56 — 69
6	0.14	70 — 83
7	0.14	84 — 97
repite	0.02	98 — 99

Distribución equiprobable

En el eje horizontal aparece el valor del parámetro, en este caso cada una de las octavas del registro, y en el eje vertical se anota el valor de la probabilidad. La curva que se obtiene es en este caso una horizontal debido a que todas las octavas tienen la misma probabilidad $Pi = 1 : 7 = 0{,}14 \ldots$

Otra distribución de probabilidades es la llamada "distribución normal", cuya representación gráfica es una curva simétrica en forma de campana (la campana de Gauss). En este caso, la octava 4 (octava central), tiene una mayor probabilidad y a medida que nos alejamos hacia ambos extremos las probabilidades serán menores. Los valores de las probabilidades se pueden obtener en forma matemática, según ciertas funciones definidas. No entraremos en detalles matemáticos en esta exposición, los que no son decisivos, ni siquiera importantes, para efectos de concebir un sistema musical, sino ilustraremos un posible caso de distribución normal para el registro.

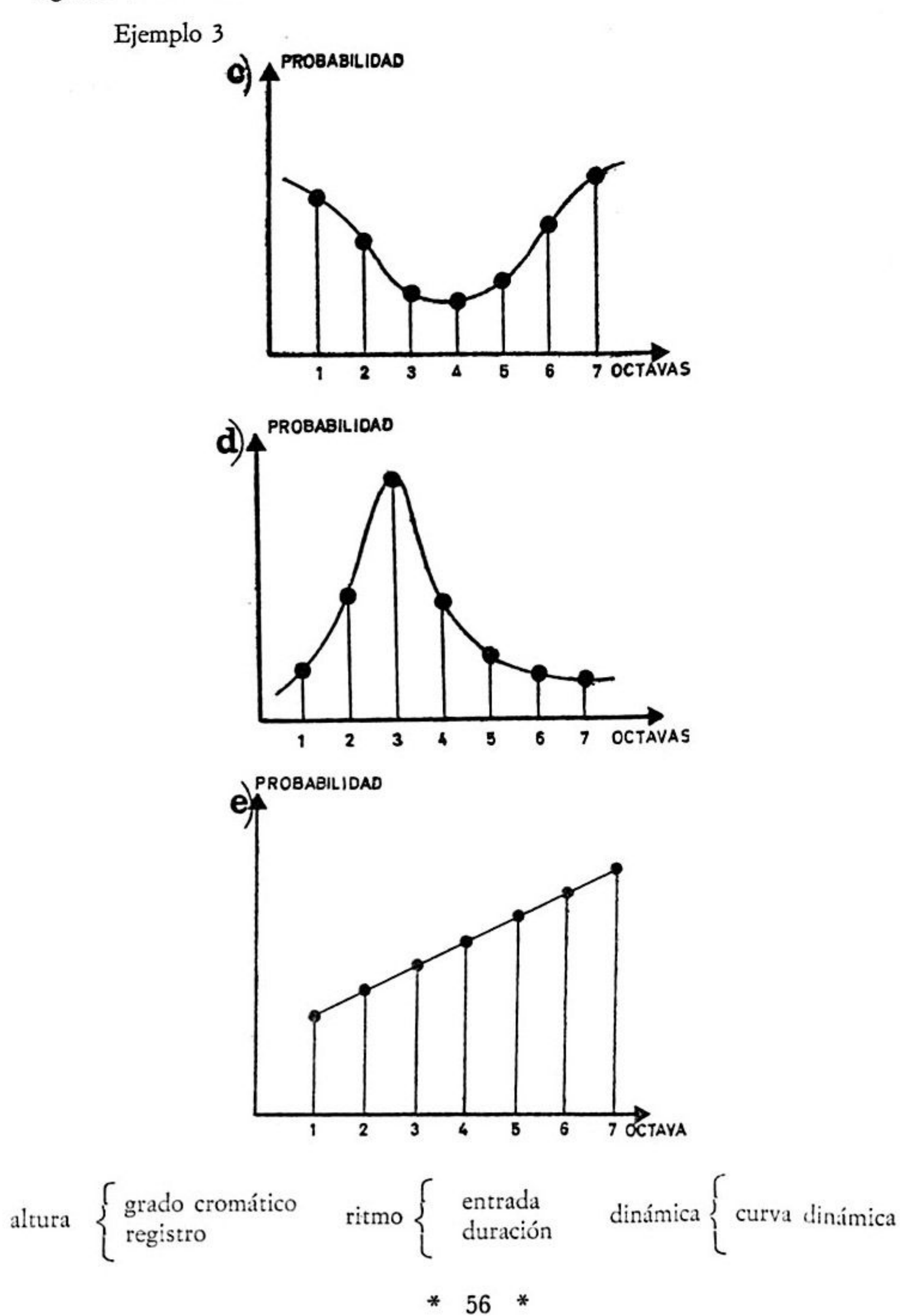


Octava	*Pi*	*Histograma*
1	0.05	00 — 04
2	0.13	05 — 17
3	0.20	18 — 37
4	0.24	38 — 61
5	0.20	62 — 81
6	0.13	82 — 94
7	0.05	95 — 99

Distribución normal

Además de la equiprobabilidad y la distribución normal, existen muchas otras distribuciones de la probabilidad. Podemos extraerlas de textos matemáticos o, simplemente, postularlas según nuestro arbitrio. En el ejemplo 3 ilustramos algunas otras curvas:

Ejemplo 3



altura { grado cromático, registro } ritmo { entrada, duración } dinámica { curva dinámica }

La curva c) sería la inversión de una distribución normal. O sea, los extremos aparecerían con mayor frecuencia que el centro. Las curvas d) y e) son curvas asimétricas, en un caso con una gran probabilidad en el sector medio bajo y en el otro con una probabilidad ascendente hacia los agudos.

Como es fácil comprender, existen ilimitadas distribuciones de probabilidad con sus correspondientes curvas, todo lo irregulares o caprichosas que deseemos. Para calcular los valores de cada parámetro definido en el sistema, podemos utilizar alguna de estas curvas.

La aplicación de una curva es solo para un parámetro y puede darse el caso que distintas curvas se apliquen a distintos parámetros en un mismo momento. Refiriéndonos al ejemplo anterior, una curva como la b) puede servir para calcular las duraciones, al mismo tiempo que los grados cromáticos se están calculando con otra curva como la a), el registro con la c), etc. Los parámetros a nivel morfológico definidos en el sistema son:

En otros niveles del sistema se definen otros parámetros, algunos de los cuales señalaremos en el curso de esta exposición.

Otro aspecto importante del sistema es que cada parámetro está afecto a alguna de estas curvas de probabilidad solamente durante un cierto tiempo. Una vez transcurrido este tiempo, cambia la curva de probabilidad y los valores del parámetro se calculan según *otra* curva de probabilidades y así sucesivamente. Con otras palabras, una distribución de probabilidades afecta a un parámetro solamente durante una determinada cantidad de sucesos. Esta es una característica y condición del sistema cuyo objeto es otorgar una mayor variedad y movilidad a la sucesión de valores y, lo más importante, a crear una estructura en base a las probabilidades.

Volvamos al caso del registro. Si postulamos que ocurrirán 300 sucesos durante un cierto período musical, el cálculo de las octavas podría descomponerse de la siguiente manera: 50 sucesos según la curva a); 150 sucesos según la curva b); y 100 sucesos según la curva c). No olvidemos que para que una distribución de probabilidades sea efectivamente activa se requiere que ocurra una cantidad relativamente grande de sucesos según esa distribución. No tendría casi sentido definir una distribución de probabilidades para un solo suceso o, incluso, para 10 o 20. El número mínimo de sucesos para que una distribución sea perceptible, para que irradie una personalidad, es calculable en términos matemáticos y de acuerdo a ciertos criterios y definiciones que se establezcan a priori. No entraremos en detalles sobre este punto.

Lo que consideramos más interesante es que el sistema obliga a definir un conjunto de distribuciones o curvas de probabilidad y, además, a establecer la duración que el parámetro considerado estará afecto a una de esas curvas. Esto plantea la interrogante de ¿cómo se va a elegir la curva para cada caso y cómo se va a determinar su tiempo de acción?

Las mismas curvas de probabilidades son las que contestan estas preguntas. Si las curvas ilustradas en los ejemplares anteriores se refirieran a probabilidades de curvas (o sea, el eje horizontal en vez de referirse a 7 octavas se refiriera a 7 curvas de probabilidades previamente definidas), cada vez que quisiéramos determinar una curva consultaríamos a la distribución que corresponda. Lo mis-

mo para la duración en la acción de la curva. En este caso el eje horizontal no estaría compuesto de 7 valores, 7 alternativas de duración, sino podríamos subdividirlo en el número de alternativas que deseemos.

Creo que por este camino se va vislumbrando el fundamento estructuralista del sistema. Cualquier consulta a cualquier nivel será contestada por una distribución de probabilidades. Podríamos llegar a establecer una distribución primera o *curva divina* de donde emanan las directivas hacia otras curvas de nivel inferior, las que a su vez controlan otros niveles más inferiores y así sucesivamente hasta llegar al último detalle. Cualquier consulta se realizará al nivel que corresponda según el momento y la importancia de la consulta. Ante situaciones conflictivas o incompetencias se podrá consultar a niveles más altos, hasta, si es necesario, llegar a la curva divina la que dirá la última palabra. El sistema ha sido ideado de esta forma porque las curvas que se eligen son funciones arbitrarias que pueden cambiarse sin alterar el sistema. O sea, si quisiéramos variar el contenido musical que surja del sistema, con muy pocos y fáciles cambios —definir nuevas curvas— podríamos obtener resultados substancialmente distintos en calidad de sonido y en estilo. Evidentemente, cada compositor puede elegir las distribuciones que desee y, de esta manera, obtener una composición *propia* del sistema. Los resultados musicales de FORMAS I han sido obtenidos con una determinada colección de curvas. (De ahí el sufijo *I* que indica una primera utilización del sistema). En otras experiencias modificaremos las curvas y algunos otros mecanismos hasta ahora no explicados en esta exposición, para obtener resultados que podrán ser substancialmente diferentes a los de FORMAS I. La calidad de "sistema" es invariante y permanente. Los elementos de decisión son contingentes y transitorios; dependen de quien los use. El universo —absoluto— de posibilidades que ofrece el sistema se proyecta en ilimitadas naturalezas —relativas— de acuerdo a las condiciones que se creen para cada caso.

Volviendo a la descripción del sistema, entre los otros mecanismos a que acabamos de hacer referencia está lo que hemos llamado *direccionalidad*. La direccionalidad consiste en seleccionar solo algunos de los valores definidos para un parámetro, un subconjunto de ellos, y aplicar las leyes de probabilidad solamente a este subconjunto. Por ejemplo, en el registro el conjunto definido está constituido por 7 octavas y la aplicación de las curvas probabilísticas la habíamos referido siempre a estas 7 octavas. Es posible que en algún momento deseemos dirigir los sucesos sonoros hacia solo una o varias octavas y negar la posibilidad que ocurra algún acontecimiento sonoro en otra de las octavas. En este caso, el número de octavas que habría aparecido en el eje horizontal de los gráficos no sería 7, sino una cantidad menor y durante el tiempo que actúa la direccionalidad solamente aparecerán sonidos en esas octavas. Algunos pasajes de la composición podrán estar concentrados en una sola octava (todo ocurre en la octava más aguda, por ejemplo), o en bandas de registro (todo ocurre en la octava más grave y en la octava media, por ejemplo).

La sucesión de estas distintas direccionalidades significará contracciones y dilataciones del parámetro considerado, sea registro, ritmo, intensidad, etc., lo que proporcionará contrastes y movilidad en el flujo musi-

cal. En el caso de los grados cromáticos, la direccionalidad se asemeja al concepto de "grupo" introducido por el serialismo: no siempre aparecerán los 12 tonos de la escala cromática con la misma o distinta probabilidad, sino a veces aparecerán solo fragmentos de esta escala, ocasionando polarizaciones transitorias. Incluso, es posible que en algún momento aparezca un solo grado cromático, lo cual significará un estatismo en este parámetro, el que puede ser compensado con la diversidad o dinamismo de los otros. La regulación de la direccionalidad es también por medio de las curvas de probabilidad, a través de las cuales se decide si hay o no hay direccionalidad, en el caso de haberla cuales son los parámetros afectados, y que duración tiene su acción en cada uno de ellos. Los procedimientos para estas decisiones son del mismo tipo que los utilizados en forma general en el sistema.

Podríamos seguir describiendo otros mecanismos que afectan en forma general a todos los parámetros o en particular a algunos de ellos, pero hacerlo significaría entrar en detalles más propios de un texto que de una descripción general que es lo que pretendemos. Sin embargo, entre aquellos mecanismos que afectan a algún parámetro en particular hay dos que considero necesario explicar para una mejor comprensión del sistema.

Uno de ellos es la ordenación interválica en los grados cromáticos. Las curvas de probabilidad controlan solamente la frecuencia con que aparece cada uno de los grados cromáticos, pero debido a que estos pueden sucederse en cualquier orden (hasta ahora no hemos definido ninguna restricción al respecto), interválicamente tendríamos una gran indeterminación estilística. Es por esto, que para precisar un estilo es necesario un control especial para la interválica, el que incluya las leyes de formación y conducción melódica, acórdica (armónica, en su proyección tonal), y articulativa (cadencial) que se postulen.

En el caso de FORMAS I elegimos una interválica tensa propia de la estética del serialismo, el modelo que tuvimos presente en esta primera investigación. El procedimiento que utilizamos para obtener esta interválica fue muy sencillo y, creo, muy efectivo. La ley es que en cada tres sonidos consecutivos, estén yuxtapuestos o superpuestos, debe existir entre dos cualesquiera por lo menos un intervalo de segunda (mayor o menor) o sus inversiones (el unísono no se considera). De este modo se eliminan sistemáticamente las triadas mayores y menores y los acordes aumentados y disminuidos. El computador debe revisar uno por uno los tonos que se van generando por el procedimiento general de obtención y observar que se cumpla esta ley. En el momento que algún tono la vulnera, rechaza ese tono y busca otro hasta encontrar alguno legal.

Do — Re — Do # — Fa — La — Fa # — Si

En la sucesión del ejemplo, el acorde aumentado Do # — Fa — La, no puede existir en el sistema. Por este motivo, al aparecer el La el computador lo debe rechazar por no cumplir la exigencia que forme un intervalo de segunda o

su inversión ya sea con el Fa o con el Do # que son los dos anteriores. El resto de la sucesión es legal.

Además de esta restricción interválica, otra restricción es que no pueden existir octavas expuestas. Para ello, se determinó una ley que establece la necesidad de que existan por lo menos 3 grados cromáticos distintos entre una octavización. En caso contrario debe repetirse la octava, o sea, generar un unísono.
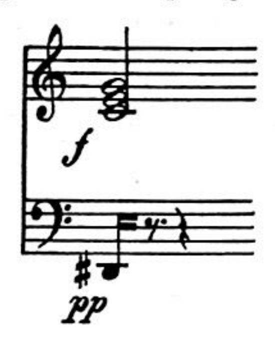
Grado cromático	*Octava*
Do	3
Do	3
Fa	2
Mi	5
Fa	2
Do	4
Fa #	3
Fa	[3]

La octava del último Fa de la tabla es ilegal, ya que hay solo 2 grados cromáticos que lo separan del anterior Fa y, por lo tanto, se debe repetir la octava 2.

Evidentemente ambas restricciones con respecto a la interválica no suponen una garantía absoluta de que no se produzcan triadas y octavas virtuales, ya que, por ejemplo, un acorde de 4 sonidos puede contener una triada más algún intervalo perturbador, pero si este intervalo perturbador tiene características de duración, intensidad y registro que minimizan la perturbación, en la práctica se escuchará la triada. Por ejemplo, un acorde:

Grado cromático	*Octava*	*Duración*	*Intensidad*
Do	4	𝅗𝅥	f
Re #	2	𝅘𝅥𝅯	pp
Mi	4	𝅗𝅥	f
Sol	4	𝅗𝅥	f
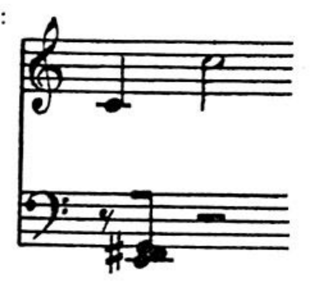
Este acorde es legal. Expresado en el pentagrama sería:



Lo mismo ocurre en el caso de la octavización. Por ejemplo, una sucesión legal:

Grado cromático	*Octava*	*Entrada*	
Do	4	𝄼	♩
Sol	2	𝄾	♪
Fa #	2	𝄾	♪
Mi	2	𝄾	♪
Do	5	𝄽	𝅗𝅥

En el pentagrama se lee:

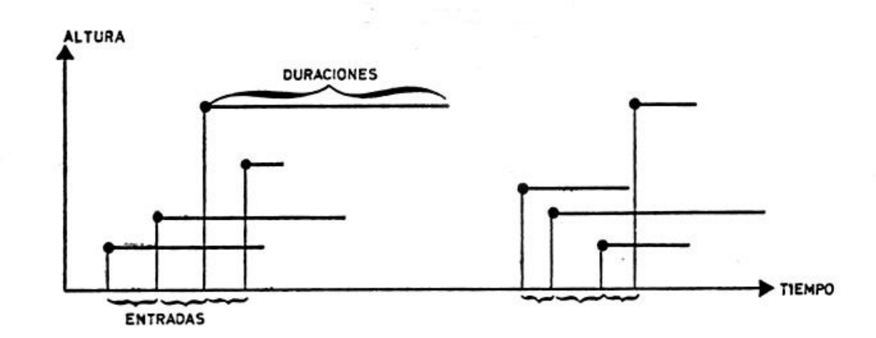


y la octava Do — Do aparece totalmente expuesta a la audición.

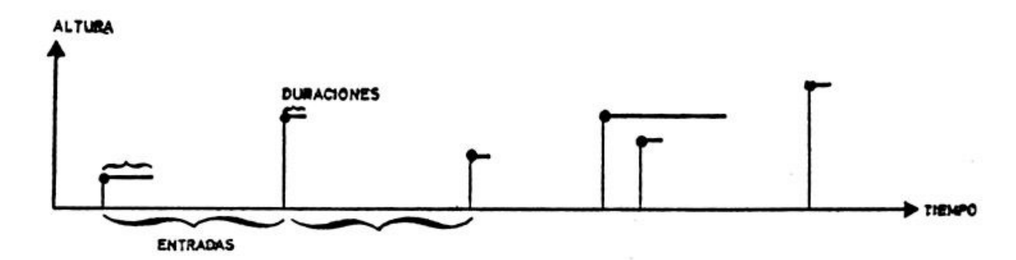
Analizando los resultados obtenidos, estas situaciones se producen en la práctica, pero con escasa frecuencia y como excepciones de una calidad interválica y sonora que tiene una clara fisonomía y unidad de estilo. Me atrevería a decir, incluso, que estas excepciones son bien venidas como "disonancias" que confieren a veces un color interválico blando en un ambiente esencialmente tenso.

El otro mecanismo que deseo explicar se refiere al ritmo. Esta dimensión se precisó definiendo dos parámetros: la entrada de cada tono y su duración. Cada uno de estos parámetros es independiente y afectado por curvas de proba-

bilidad o direccionalidad distintas. De este modo se pueden obtener un sinnúmero de combinaciones dando cada cual un carácter rítmico especial al flujo musical. Por ejemplo, si la probabilidad hace que las entradas tengan valores de tiempo preferentemente muy breves —una alta densidad de entradas— y que las duraciones tiendan a tiempos largos, se obtiene un resultado de tipo arpegiado y acórdico:



A la inversa, si los tiempos de las entradas tienden a ser largos y las duraciones a ser breves, se obtienen figuras de tipo puntual:

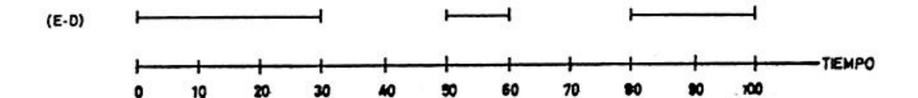


Existen subsistemas que generan acordes (se usa una direccionalidad en las entradas: varios valores sucesivos de tiempo de entrada son cero), melodías (tiempo de entrada = tiempo de duración), melismas, (mayor probabilidad de entradas y duraciones para valores breves de tiempo), etc. Creo que no será necesario profundizar la descripción para que el lector se de cuenta de la gran variedad rítmica que se puede obtener, la que incluye posibilidades rítmicas isocrónicas, periódicas, aperiódicas, o, en general, correspondientes a muchos estilos musicales de distintas épocas.

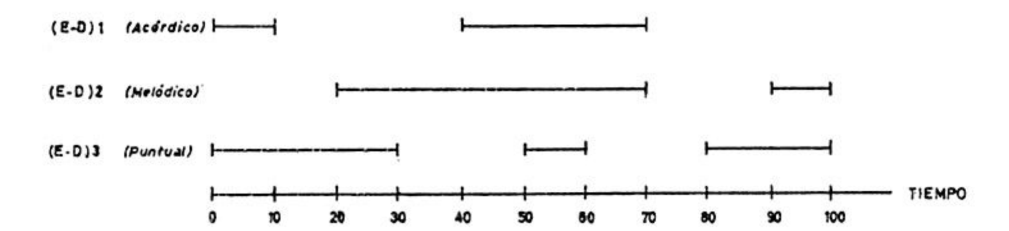
El ámbito de extensión temporal, tanto para las entradas como para las duraciones, abarca desde la semifusa hasta duraciones prácticamente ilimitadas en números de redondas, conteniendo todos los valores intermedios y combinaciones binarias, ternarias o tresillos, quintillos, etc.

Al mencionar el procedimiento como se generan melodías, acordes, ritmos, etc., nos estamos aproximando al aspecto formal del sistema. En este otro nivel vamos a explicar también solo algunas de sus características. Por ejemplo, las

relaciones entre tiempos de entradas y duraciones (llamémoslas *relaciones E - D*) se traducen en ciertas características de articulación. Una relación E - D actuando durante mucho tiempo producirá una monotonía. Para evitarla, el sistema provee continuos cambios de curvas de probabilidades, como habíamos visto, pero a la larga estos cambios producirán también una monotonía a otro nivel: el nivel de la gran forma. Para evitar esta monotonía se emplea una direccionalidad formal", la que consiste en dirigir simultaneamente distintas relaciones E - D de modo que interactúen entre si produciendo compensaciones, desequilibrios, situaciones estables o conflictivas, en general, que otorguen una trayectoria zigzagueante o evolutiva, imprevisible al transcurso musical. El sistema establece que una relación E - D actúa solo durante un cierto tiempo y en forma intermitente, o sea, durante ciertos lapsos de tiempo la relación E - D cesa de actuar produciéndose un silencio de relativa extensión. Supongamos 100 unidades de tiempo:



En el gráfico, el computador calcula todos los acontecimientos sonoros para los lapsos de 0 a 30, de 50 a 60 y de 80 a 100. En los lapsos de 30 a 50 y de 60 a 80 hay silencio. Para compensar este enmudecimiento transitorio se introduce un pensamiento polifónico en el sistema, o sería más propio llamarlo pen samiento polirelacional, ya que cada relación E - D puede ser polifónica o monofónica en si, según los ejemplos vistos anteriormente. Este pensamiento se refiere a la superposición a nivel formal de varias distribuciones de probabilidad expresadas en relaciones E - D o *estratos* como los hemos llamado para simplificar:



Cada estrato puede tener su fisonomía particular. Supongamos que en el gráfico el estrato 1 sea de tipo acórdico, el 2 melódico y el 3 puntual. En la audición comenzaríamos con una superposición de elementos acórdicos más elementos puntuales; después puntuales solo; después melódico más puntual; después melódico solo; después melódico más acórdico; después los 3 juntos, etc.

Cabe destacar que para cada estrato están vigentes las características de proba-

bilidad y direccionalidad a nivel morfológico que hemos mencionado, con sus correspondientes acciones y cambios independientemente para cada parámetro. Debido a esto, la interacción entre estratos puede dar lugar a innumerables combinaciones entre probabilidades y direccionalidades. Por ejemplo, uno de los estratos podría tener una direccionalidad en los grados cromáticos determinando el uso de un solo tono. Los otros estratos podrían tener equiprobabilidad para sus doce grados cromáticos. De esta manera se tendría una especie de obstinato sobre un tono coexistiendo con una gran variedad interválica en otras relaciones E - D. También es posible que uno de los estratos se desarrolle en un solo registro o con una sola intensidad originando contrastes con los otros estratos, los que pueden ser de gran interés y eminentemente musicales. Estas combinaciones y muchas mas se pueden obtener a partir de este pensamiento polifónico en el sentido de superposición de distribuciones de probabilidades y direccionalidades a nivel formal.

En FORMAS I se define como *secuencia* una unidad formal caracterizada por un número constante de estratos cada uno con una relación E - D característica. El número de estratos puede variar para cada secuencia de 1 a 6. El sistema contiene, además, otros mecanismos de determinación formal que se refieren a metros, largo y ámbito de secuencias, relaciones y evoluciones entre estratos, etc., los que no entraremos a describir. Todos estos parámetros a nivel formal se determinan de una manera análoga a los parámetros a nivel morfológico. Finalizaremos refiriéndonos a la manera como la máquina entrega los resultados y la traducción de ellos a la escritura musical.

Para llevar a la práctica el sistema y probarlo por medio de un computador, el paso siguiente fue diseñar los diagramas de flujo que indican la lógica y secuencia de instrucciones de como proceder para calcular cada elemento musical. Estos diagramas de flujo fueron traducidos a programas y procesados por el computador. La programación y operación del computador fue realizada con la colaboración del Centro de Computación de la Universidad de Chile, quienes designaron un programador para relacionarse con nuestro Grupo y encargarse de los detalles técnicos del proyecto que tuviesen que ver con el computador. El lenguaje que se utilizó en la programación fue FORTRAN IV y el computador que procesó el sistema es el IBM 360 actualmente en servicio en la Universidad.

La única información que se le entregó al computador fueron las instrucciones correspondientes al sistema y un procedimiento de generación de números aleatorios para ser desarrollado internamente por el propio computador. No hubo ningún tipo de datos o control externo, sino el sistema entregó al computador los mecanismos necesarios para la generación de ideas y toma de decisiones para todo tipo de elemento y dimensión musical.

El programa contiene alrededor de 1.000 instrucciones, lo que puede considerarse como relativamente extenso en comparación con el promedio de otros programas de investigación. Los resultados se obtuvieron en tres tipos de listados:

Un primer listado contiene el detalle de todo lo que ocurre en cada estrato. Es un listado de análisis para el caso en que se desee dar una instrumentación o

ubicación escénica de instrumentos distinta para cada estrato. Además, permite conocer las características de cada estrato si se desea posteriormente introducir una conceptuación *mobile* en el sistema y se le asimile a un grupo o unidad musical independiente o desplazable en el tiempo con respecto a los otros estratos.

El segundo listado contiene el detalle de todo lo que ocurre cronológicamente, o sea indica la sucesión de los distintos tonos tal como van apareciendo en el tiempo, independientemente de si pertenecen a uno u otro estrato. Es el listado con el cual normalmente se trabajará en la transcripción de los resultados numéricos a la partitura musical.

En ambos listados aparecen datos generales de las características formales de cada secuencia y el detalle de su contenido, el que consiste en el número del suceso, su grado cromático y octava, el tiempo en que entra, referido a unidades que podrían asimilarse a compases o fragmentos de compases, su duración, su intensidad y la forma de ataque o fraseo. Estos datos aparecen en forma de una lista de sucesos por orden de aparición en el tiempo.

El tercer listado es un gráfico o *partitura del computador* el que permite visualizar rápidamente el contenido sonoro del resultado. En este gráfico el tiempo está indicado en el eje horizontal y la altura en el vertical. Para una mejor referencia, en el eje horizontal se señalan las mismas unidades de tiempo que aparecen en los otros listados. El eje vertical está dividido por octavas, las que aparecen separadas por líneas de asteriscos, y el grado cromático en la octava.
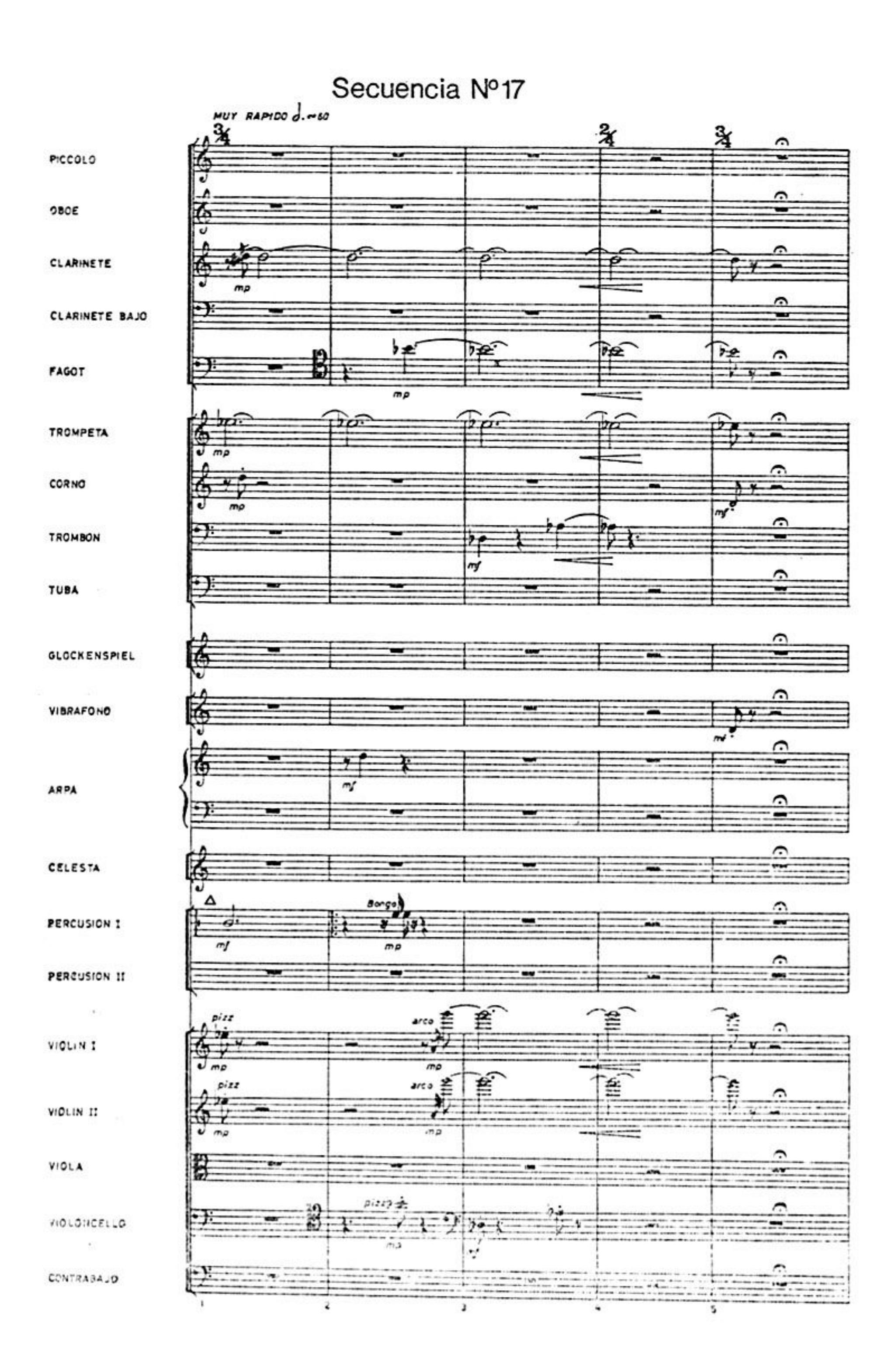
Al respecto, se han considerado trece subdivisiones por octava, de las cuales doce corresponden a la escala cromática y la treceava a un sonido de altura indefinida o percusión en ese registro. La duración de los sonidos se indica con una linea paralela al eje horizontal en la posición que corresponde a su grado cromático y octava y cuya ubicación y largo corresponde a sus tiempos de entrada y duración. De esta manera se puede apreciar todos los sucesos que ocurren, cuando comienza cada uno, cuanto duran y como se combinan entre ellos. La linea de cada sonido está formada por letras y números que entregan información acerca del estrato al que pertenece, su intensidad, su ataque y los accidentes que pueden ocurrir durante su duración (unísonos que se superponen, cambios de color o intensidad, etc.). Al final de este artículo insertamos algunos ejemplos de este listado gráfico para ilustrar sobre su aspecto y contenido, aún cuando, por motivos de espacio, los ejemplos son muy breves e impiden apreciar las características formales del sistema. Al final, aparece un último ejemplo que presenta una página de la partitura del computador transcrita a partitura musical, lo que permitirá apreciar las equivalencias entre ambas notaciones.

Como se podrá apreciar, el sistema descrito es prácticamente imposible de ser calculado manualmente por un compositor. Son tantas las instrucciones y reglas que hacerlo "a mano" supondría una cantidad de tiempo que prefiero no pensarla y, además, muchos errores debido al agotamiento que se produce al repetir rutinariamente procesos y a lo complicado que puede ser en determinados momentos el cálculo de algún elemento. Es por este motivo, que este sistema de composición solo puede ser realizado por un computador, el que en breve tiempo y con toda precisión puede entregarnos los resultados. Por otra parte, el computador puede determinar aspectos tanto de la pequeña como de la gran forma de

manera mecánica, sin brillantez, con errores de proporciones, o, lo más probable, sin un destino o significación. Es en estos aspectos donde creo que debe actuar el compositor y reservarse algunos elementos de elección que confieran un sentido a esta delicada y compleja tela que le prepara el computador. En FORMAS I dejamos deliberadamente algunos elementos musicales sin determinación por parte del computador:

La cantidad de música que entregó el computador fueron 30 secuencias, que fue lo que calculamos que alcanzaría a cubrir su memoria. En ningún momento pensamos transcribir a notación musical las 30 secuencias, sino escoger entre ellas las que nos fuesen más atrayentes y que se pudiesen suceder en el tiempo en forma más significativa. Esta fue una primera elección "humana". Otro aspecto que se reservó para el compositor fue la elección del conjunto instrumental que interpretaría la partitura y su instrumentación. Un último aspecto a cargo del compositor es la determinación de los tempi, fermate, ritardandi, accelarandi, o, dicho en castellano, las distintas velocidades, detenciones, dilataciones y contracciones del tiempo. Pensamos que con este conjunto de decisiones, aparentemente no muy trascendentes, se puede, sin embargo, proyectar la personalidad de un autor y posiblemente una misma partitura de computador transcrita con estas libertades por distintos compositores puede tener muy diferentes resultados en calidad sonora y musical. En esta última parte del proyecto se sumaron a nuestro grupo algunos alumnos del Taller de Composición, quienes transcribieron algunas partes de la Secuencia 24 a un conjunto formado por Piano e instrumentos de percusión.

La primera audición de FORMAS I (Secuencias 8, 17 y 21, transcritas por el que escribe) se realizó el 1º de diciembre de 1971 en la Sala de la Reforma dirigiendo el Maestro Eduardo Moubarak a un conjunto de cámara integrado por profesores de la Orquesta Sinfónica de Chile.



SECUENCIA Nº 17
transcripción a partitura de orquesta